

УДК 631.465

ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ НАТРИЯ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ

С. А. АБРАМЯН

В условиях модельных опытов изучено влияние солей натрия на ферментативную активность почв. Наибольшим ингибирующим свойством обладают борнокислый, кремнекислый и углекислый натрий, наименьшим—уксуснокислый, сернокислый, затем хлористый натрий. В сильногумусированных почвах вследствие их высокой буферности токсическое влияние солей натрия выражено слабее.

Ключевые слова: ферментативная активность почв, соли натрия.

Установлено, что по типу засоления солонцы-солончаки Араратской равнины в основном натриевые: хлоридно-сульфатно-содовые и сульфатно-хлоридно-содовые [2, 7, 8]. Ферментативная активность солонцов-солончаков и их мелиорированных вариантов сравнительно хорошо изучена [1, 3—5]. При химической мелиорации солонцов-солончаков серной кислотой и сернокислым железом резко меняется количество и состав солей в них. Между тем влияние различных солей на ферментативную активность почв изучено недостаточно [4, 6, 11].

С целью установления закономерностей действия солей натрия на активность гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов сильно- и слабогумусированных почв исследования проводили в условиях модельных опытов. Выяснение этих вопросов поможет выявить мелиоративное состояние солонцов-солончаков, а также направление почвообразовательного процесса в них.

Материал и методика. Исследовались следующие типы почв: мелиорированный солонщ-солончак (O-25 см), среднесуглинистый, гумус 1,3%, pH 7,6, сумма обменных катионов 29,5 мэкв на 100 г почвы; орошаемая лугово-бурая (A_ц O-28 см), тяжело-суглинистая, гумус 2,5%, pH 8,1, сумма обменных катионов 33,1 мэкв на 100 г почвы; чернозем выщелоченный (A_д O-14 см), среднесуглинистый, гумус 11,6%, pH 6,6, сумма обменных катионов 63,9 мэкв на 100 г почвы. Были поставлены следующие опыты: соли натрия—NaCl, Na₂SO₄, Na₂CO₃, Na₂SiO₃, Na₄B₂O₇, NaCH₃COO—прибавляли к 100 г почвы в эквивалентном количестве, содержащем 5 мэкв иона натрия. Во второй серии опытов к почвам прибавляли NaCl, Na₂SO₄, Na₂CO₃, CaSO₄·2H₂O и сочетания солей натрия с гипсом. Гипс был прибавлен из расчета 5%. После прибавления солей почвы тщательно перемешивали, увлажняли до 80% от полной влагоемкости, добавляли 2 мл толуола и оставляли при комнатной температуре до их высушивания, после этого определяли активность ферментов. Поскольку солонцы-солончаки Араратской равнины в основном содовые, было изучено также влияние различных концентраций Na₂CO₃ (0,0—10,0 мэкв Na) на ферментативную активность почвы. Сода была прибавлена непосредственно при определении ферментативной активности почв. Активность ферментов определяли по унифицированным методам [5]. Активность инвертазы выражали в мг глюкозы на 1 г почвы за сутки, фосфатазы—мг P на 100 г почвы за 30 мин, уреазы—мг NH₃ на 1 г почвы за сутки, АТФазы—мг P на 100 г почвы за час, дегидрогеназ—мг трифенилформазана на 10 г почвы за сутки, каталазы—см³O₂ на 1 г почвы за мин.

Результаты и обсуждение Опыты показали, что соли натрия, прибавленные к насыщенным основаниями почвам, снижают уровень их ферментативной активности (табл. 1). Степень подавления активности ферментов зависит от типа почвы, ее гумусированности, а следовательно, и буферности, природы прибавленной соли. Активность инвертазы сильнее подавляется под действием бората натрия в орошаемой лугово-бурой почве и мелиорированном солонце-солончаке—снижение со-

Таблица 1
Влияние различных солей натрия на активность ферментов почв

Почва	Соли	Инвертаза, мг глюкозы	Фосфатаза, мг P	Уреаза, мг NH ₃	АТФаза, мг P	Дегидроге- назы, мг ТФФ	Каталаза, см ³ O ₂
Мелиорирован- ный солонеч-со- лончак	без прибавления	24,0	1,3	1,8	4,6	3,5	5,8
	NaCl	14,7	1,2	1,5	3,6	2,4	4,5
	Na ₂ SO ₄	10,2	1,5	1,6	4,0	2,6	4,9
	Na ₂ CO ₃	1,8	0,5	0,4	3,8	1,5	5,0
	Na ₂ SiO ₃	2,0	0,8	0,4	2,9	1,8	5,2
	Na ₄ B ₂ O ₇	1,2	0,4	0,5	3,0	1,6	4,3
	NaCH ₃ COO	10,8	0,4	0,7	2,9	1,7	4,8
	Орошаемая лу- гово-бурая	без прибавления	31,0	3,4	3,0	5,0	10,4
NaCl	25,2	2,1	2,8	4,8	8,2	8,5	
Na ₂ SO ₄	22,1	2,8	2,8	4,8	7,0	7,8	
Na ₂ CO ₃	5,1	1,2	1,9	2,2	5,4	8,0	
Na ₂ SiO ₃	6,2	1,8	2,2	2,1	5,0	8,9	
Na ₄ B ₂ O ₇	3,3	1,1	1,6	2,0	3,8	8,1	
NaCH ₃ COO	25,4	2,6	2,4	4,0	4,8	10,0	
Чернозем выще- лочный	без прибавления	75,0	14,6	8,0	18,0	16,0	6,5
	NaCl	72,3	11,2	7,8	17,5	15,1	4,2
	Na ₂ SO ₄	70,2	10,4	7,2	15,8	14,8	4,0
	Na ₂ CO ₃	54,8	8,4	6,4	12,8	12,4	4,8
	Na ₂ SiO ₃	60,2	12,0	6,8	14,5	13,8	5,4
	Na ₄ B ₂ O ₇	50,9	8,0	5,4	15,0	10,9	5,0
	NaCH ₃ COO	68,8	12,8	7,0	17,1	14,5	5,0

ставляет 90,0—95,0% от первоначальной активности, а в черноземе—32,1%. Кремнекислый и углекислый натрий также подавляют действие инвертазы—в орошаемой лугово-бурой почве и мелиорированном солонце-солончаке на 80,0—92,5, а в черноземе—19,7—27,0%. Менее выраженное подавляющее действие оказывают уксуснокислый, затем хлористый и сернистый натрий. Приведенные в табл. 1 данные показывают, что степень снижения активности ферментов в черноземе, по сравнению с лугово-бурой орошаемой почвой и мелиорированным солонцом-солончаком, значительно меньше, что обусловлено его высокой гумусированностью. Гумус—буферит против токсического действия солей. Механизм влияния отдельных катионов и анионов на активность ферментов почв пока изучен не полностью. Влияние это двоякое: косвенное—через изменение рН и непосредственное, т. е. химическое взаимодействие катионов и анионов с белковой молекулой фермента.

В черноземе фосфатаза больше всего инактивируется под влиянием соды и бората натрия—на 42,5—45,2%, NaCl, Na₂SO₄, Na₂SiO₃

снижают ее активность примерно одинаково—на 17,8—28,8%. Аналогичная картина наблюдается в орошаемой лугово-бурой почве и мелиорированном солонце-солончаке (48,7—69,2%). Несколько отличается поведение уксуснокислого натрия в отношении фосфатазы, в черноземе он снизил активность лишь на 12,3%, а в мелиорированном солонце-солончаке—на 69,2%. По-видимому, это можно объяснить большим подщелачиванием среды в солонце-солончаке под влиянием уксуснокислого натрия и подавлением активности нейтральных фосфатаз. Следует отметить также, что в мелиорированном солонце-солончаке наблюдается некоторая активация фосфатазы под действием серноокислого натрия, что, вероятно, обусловлено рН, создаваемой этой солью и близкой к оптимуму рН щелочной фосфатазы (рН 8,0).

Во всех изученных типах почв уреазы сильнее ингибируется под влиянием бората натрия, чего и следовало ожидать, так как бораты известны как ингибиторы уреазы [9, 10]. Под влиянием хлорида и сульфата натрия активность уреазы подавляется лишь на 2,5—16,7%. Это можно объяснить тем, что указанные соли при прибавлении к почвам незначительно изменяют рН. Очень сильное ингибирование уреазы обнаруживается в мелиорированном солонце-солончаке под влиянием соды, кремнекислого и борнокислого натрия—на 72,3—77,8%.

Определенный интерес представляет влияние солей на активность АТФазы, так как этот фермент связан с фосфорным режимом и энергетическими процессами почв. Наименьшая инактивация АТФазы—на 2,8—17,4%—наблюдается под действием хлористого и серноокислого натрия. Под влиянием углекислого, кремнекислого и борнокислого натрия АТФаза орошаемой лугово-бурой почвы значительно инактивировалась—на 56,0—60,0, в черноземе—на 16,7—28,9, а в мелиорированном солонце-солончаке—17,4—34,8%.

Активность дегидрогеназ значительно подавляется под влиянием углекислого, кремнекислого, борнокислого и уксуснокислого натрия: в мелиорированном солонце-солончаке на 50,0—57,2, лугово-бурой почве—48,1—63,5%. В черноземе наблюдается иная картина—уксуснокислый и кремнекислый натрий меньше снижают активность дегидрогеназ—на 9,4—13,7%, а углекислый и борнокислый—на 22,5 и 31,9% соответственно. Под влиянием хлористого и серноокислого натрия активность дегидрогеназ в лугово-бурой почве и мелиорированном солонце-солончаке снижается почти одинаково—на 21,2—32,7, а в черноземе—5,6—7,5%.

Действие каталазы также ингибируется при прибавлении различных солей. Наибольшее подавление ее активности наблюдается в присутствии хлорида и сульфата натрия. Это объясняется тем, что хлорид- и сульфатионы блокируют активный центр каталазы—железо в гематине,—предотвращая тем самым образование активных промежуточных фермент-субстратных комплексов, необходимых для протекания ферментативной реакции [5, 10]. Следует отметить, что борнокислый натрий, по сравнению с Na_2CO_3 , Na_2SiO_3 и NaCH_3COO , больше снижает активность каталазы: в черноземе на 23,1%, мелиорированном солонце-солончаке—25,9 и орошаемой лугово-бурой—42,2%.

Исследования показали, что присутствие гипса в мелиорированном солонце-солончаке несколько снижает токсическое действие прибавленных солей (табл. 2). При этом наблюдается некоторое повышение фер-

Таблица 2

Влияние солей натрия на ферментативную активность мелиорированного солонца-солончака в присутствии гипса

Варианты опыта	Инвертаза, мг глюкозы	Фосфатаза, мг Р	Уреаза, мг NH ₃	АТФаза, мг Р	Дегидрогеназы, мг ТФФ	Каталаза, см ³ O ₂
Без солей и гипса	23,4	1,5	1,7	4,8	3,0	5,9
CaSO ₄ ·2H ₂ O	20,4	1,4	1,5	4,2	3,4	4,5
NaCl	14,4	0,9	1,1	3,5	2,4	4,2
NaCl + CaSO ₄ ·2H ₂ O	15,6	1,4	1,3	3,6	2,3	4,4
Na ₂ SO ₄	5,8	0,4	0,5	2,9	1,4	5,0
Na ₂ SO ₄ + CaSO ₄ ·2H ₂ O	19,8	1,2	1,4	4,0	3,4	4,1
Na ₂ CO ₃	17,4	1,1	0,9	3,8	3,0	4,1
Na ₂ CO ₃ + CaSO ₄ ·2H ₂ O	20,0	1,6	1,9	4,6	3,3	4,6

ментативной активности мелиорированных почв [1, 3]. Это объясняется благоприятным влиянием гипса на физико-химические свойства солонцов-солончаков, а также возрастанием буферной способности от 20,74 см² до 23,19 (рис. 1).

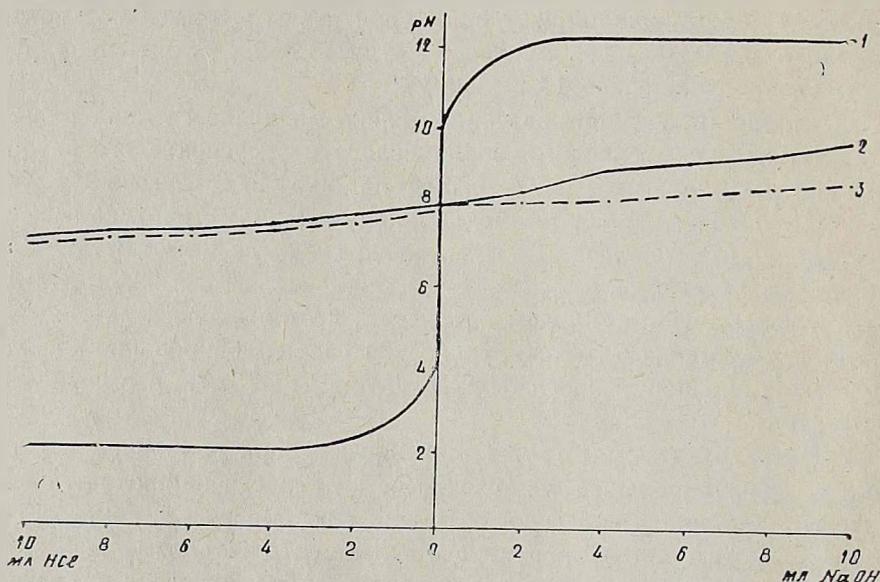


Рис. 1. Кривые буферности: 1—кварцевого песка, 2—мелиорированного солонца-солончака без гипса, 3—то же с гипсом.

Учитывая содовый характер засоления солонцов-солончаков Ара-ратской равнины, мы изучали влияние различных концентраций соды на ферментативную активность почв. Прибавление соды ингиби-

рует действие всех изученных ферментов (рис. 2). Причем в орошаемой лугово-бурой почве и мелиорированном солонце-солончаке активность гидролитических ферментов—инвертазы, фосфатазы и уреазы подавляется полностью, а в черноземе на 73,2, 50,7 и 50,0% соответственно. Это обусловлено высокой буферной способностью чернозема. Высокие концентрации соды повышают рН почвы до 9,0—9,3, а оптимум рН указанных ферментов находится в слабокислой и нейтральной зонах. Активность окислительно-восстановительных ферментов—каталазы и дегидрогеназы под влиянием высоких концентраций соды снижается на 60,0—90,0%.

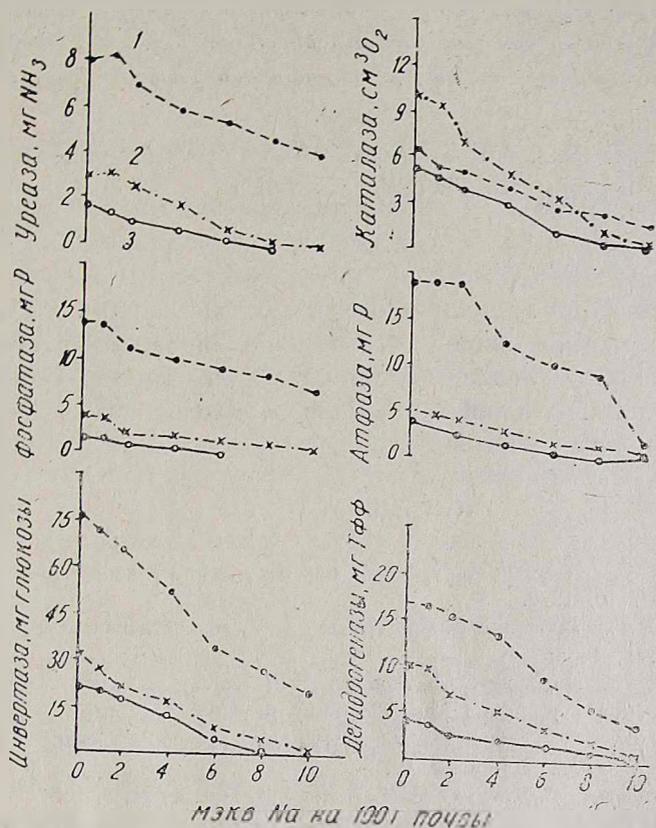


Рис. 2. Влияние углекислого натрия на активность ферментов почв: 1—чернозем, 2—орошаемая лугово-бурая, 3—мелиорированный солонец-солончак.

Таким образом, соли натрия подавляют активность почвенных ферментов. По ингибирующей способности их можно расположить в следующий ряд: $\text{Na}_4\text{B}_2\text{O}_7$, Na_2SiO_3 , Na_2CO_3 , NaCH_3COO , NaCl , Na_2SO_4 . Степень снижения активности ферментов зависит от гумусированности и буферной способности почв. Дальнейшее изучение степени и механизма воздействия отдельных солей на ферментативную активность позволит прогнозировать направленность биохимических процессов в засоленных почвах, а также солонцах-солончаках при их мелиорации и сельскохозяйственном освоении.

ՆԱՏՐԻՈՒՄԻ ԱՂԵՐԻ ԱԶԴԵՅՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀՈՂԻ ՖԵՐՄԵՆՏՆԵՐԻ
ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ

Ս. Ա. ԱԲՐԱՀԱՄՅԱՆ

Մոզելային փորձերի պայմաններում ուսումնասիրվել է նատրիումի աղերի ազդեցությունը հողի ֆերմենտների ակտիվության վրա: Պարզվել է, որ հողի ֆերմենտների նկատմամբ սիլիկատիվային, բորատիվային և ածխատիվային նատրիումն ունի ուժեղ ճնշող ազդեցություն, քան ածխատիվային, ծծմբատիվային և աղատիվային նատրիումը: Լավ համուսացված հողերում նատրիումի աղերի թունավոր ազդեցությունը համեմատաբար թույլ է արտահայտվում: Ստացված տվյալները հնարավորություն են տալիս ճիշտ գնահատելու մելիորացված աղուտ-ալկալի հողերի կենսաբանական ակտիվությունը:

INFLUENCE OF SODIUM SALTS ON ENZYMATIC
ACTIVITY OF SOILS

S. A. ABRAMIAN

The influence of sodium salts on enzymatic activity of strongly and weakly-humused soils under the conditions of model experiments is studied. Sodium tetraborate, sodium silicate and sodium carbonate possess strong inhibitory property; sodium acetate, chloride and sodium sulphate — the weak one.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Абрамян С. А., Оганесян А. С., Баграмян А. Н., Галстян А. Ш. Биолог. ж. Армении, 31, 10, 1978.
2. Агабабян В. Г., Рафаэлян А. С. Труды ин-та почвоведения и агрохимии МСХ АрмССР, 2, 1963.
3. Баграмян А. Н., Абрамян С. А., Галстян А. Ш. Докл. АН АрмССР, 63, 2, 1979.
4. Галстян А. Ш. Известия АН АрмССР (биол. науки), 17, 11, 1964.
5. Галстян А. Ш. Ферментативная активность почв Армении. Ереван, 1974.
6. Галстян А. Ш. Почвоведение, 2, 1978.
7. Низаметдинова Я. Ф., Музафорова И. А. Узб. биолог. ж., 5, 1974.
8. Петросян Г. П., Читчян А. И. Мат-лы Междунар. симп. по мелиорации почв содового засоления. Ереван, 1971.
9. Петросян Г. П. Труды ин-та почвоведения и агрохимии МСХ АрмССР, 11, 1977.
10. Самнер Дж. Б., Сомерс Г. Ф. Химия ферментов и методы их исследования, М., 1948.
11. Уэбб Л. Ингибиторы ферментов и метаболизма (общие принципы торможения), М., 1966.
12. Abdel-Ghaffar A. S., El-Shakweer M. H. A., Barakat M. A. Soil Organ. Matter Stud, 2, Vienna, 1977.